

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-067172  
(43)Date of publication of application : 05.03.2002

---

(51)Int.Cl. B29C 67/00

---

(21)Application number : 2000-259171 (71)Applicant : JSR CORP  
(22)Date of filing : 29.08.2000 (72)Inventor : KURIHASHI YUKIO  
TERAMOTO TOSHIO

---

### (54) POST-TREATMENT METHOD FOR OPTICALLY MOLDED ARTICLE

#### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a post-treatment method for an optically molded article by which an excellent mechanical strength can be imparted to the optically molded article while maintaining a high dimensional precision. SOLUTION: This post-treatment method for the optically molded article is a post-treatment method for the optically molded article constituted by integrally laminating a plurality of curing resin layers, which is obtained by repeating a process wherein the curing resin layers are formed by selectively performing a light irradiation to a light-curing resin. The post-treatment method includes a low temperature post-curing process, and a high temperature post-curing process. In this case, in the low temperature post-curing process, the optically molded article constituted of the curing resin, of which the glass transition temperature ( $T_g$ ) exceeds  $100^\circ\text{ C}$ , is heat-treated at a temperature of  $50$  to  $100^\circ\text{ C}$  for  $1$  to  $24$  hours. In the high temperature post-curing process, the optically molded article, which has been heat-treated in the low temperature post-curing process, is heat-treated at a temperature of ( $T_g$ ) to ( $T_g+100^\circ\text{ C}$ ) for  $1$  to  $24$  hours. In the post-treatment method, the optically molded article which has been heat-treated in the high temperature post-curing process, is preferably cooled by a cooling speed of  $2^\circ\text{ C}/\text{min}$  or lower.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-67172

(P2002-67172A)

(43)公開日 平成14年3月5日(2002.3.5)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 9 C 67/00

識別記号

F I

B 2 9 C 67/00

テヤコト<sup>\*</sup>(参考)

4 F 2 1 3

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21)出願番号

特願2000-259171(P2000-259171)

(22)出願日

平成12年8月29日(2000.8.29)

(71)出願人 000004178

ジェイエスアール株式会社

東京都中央区築地2丁目11番24号

(72)発明者 栗橋 行雄

東京都中央区築地2丁目11番24号 ジェイ  
エスアール株式会社内

(72)発明者 寺本 傑夫

東京都中央区築地2丁目11番24号 ジェイ  
エスアール株式会社内

(74)代理人 100078754

弁理士 大井 正彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光造形物の後処理方法

(57)【要約】

【課題】 高い寸法精度を維持しつつ、優れた機械的強度を光造形物に付与することができる光造形物の後処理方法を提供すること。

【解決手段】 光造形物の後処理方法は、光硬化性樹脂に選択的に光照射して硬化樹脂層を形成する工程を繰り返すことにより得られる、複数の硬化樹脂層が一体的に積層されてなる光造形物の後処理方法であって、ガラス転移温度( $T_g$ )が100°Cを超える硬化樹脂から構成される光造形物を50~100°Cの温度で1~24時間にわたり加熱処理する低温後硬化工程と、当該低温後硬化工程において加熱処理された前記光造形物を、( $T_g$ )~( $T_g + 100^\circ\text{C}$ )の温度で1~24時間にわたり加熱処理する高温後硬化工程とを含むことを特徴とする。上記の後処理方法においては、前記高温後硬化工程において加熱処理された光造形物を2°C/min以下での冷却速度で冷却することが好ましい。

(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光硬化性樹脂に選択的に光照射して硬化樹脂層を形成する工程を繰り返すことにより得られる、複数の硬化樹脂層が一体的に積層されてなる光造形物の後処理方法であって、ガラス転移温度 ( $T_g$ ) が  $100^{\circ}\text{C}$  を超える硬化樹脂から構成される光造形物を  $50 \sim 100^{\circ}\text{C}$  の温度で  $1 \sim 24$  時間にわたり加熱処理する低温後硬化工程と、当該低温後硬化工程において加熱処理された前記光造形物を、 $(T_g) \sim (T_g + 100^{\circ}\text{C})$  の温度で  $1 \sim 24$  時間にわたり加熱処理する高温後硬化工程とを含むことを特徴とする光造形物の後処理方法。

【請求項 2】 前記高温後硬化工程において加熱処理された光造形物を  $2^{\circ}/\text{min}$  以下の冷却速度で冷却することを特徴とする請求項 1 に記載の光造形物の後処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光造形物の後処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、光硬化性樹脂に選択的に光照射して硬化樹脂層を形成する工程を繰り返すことにより、硬化樹脂層が一体的に積層されてなる立体形状物（光造形物）を形成する光造形法が提案されている〔特開昭60-247515号公報、米国特許明細書第4, 575, 330号（特開昭62-35966号公報）、特開昭62-101408号公報、特開平5-24119号公報参照〕。この光造形法は、目的とする立体形状物の形状が複雑なものであっても、容易にしかも短時間で得ることができるため注目されている。

【0003】このような光造形法の一例を説明する。まず、液状の光硬化性樹脂の薄層を形成し、この薄層に例えば紫外線レーザーによって選択的に光を照射することによって硬化樹脂層を形成する。次いで、この硬化樹脂層の上に、一層分の光硬化性樹脂を供給してその薄層を形成し、当該薄層に選択的に光を照射することにより、先行して形成された硬化樹脂層上にこれと連続するよう新しい硬化樹脂層を一体的に積層形成する。そして、光が照射されるパターンを変化させながらあるいは変化させずに上記の工程を所定回数繰り返すことにより、複数の硬化樹脂層が一体的に積層されてなる光造形物が形成される。

【0004】従来、光造形法により得られる光造形物は、デザインモデル、医療用モデルさらには樹脂成形用型のマスター モデル等に用いられている。そして、最近においては、射出成形法、プレス成形法、真空成形法、圧空成形法、発泡成形法、パルプモールド成形法などの各種成形法に用いる成形型を、光造形法によって製造する試みがなされている。これらの光造形物には、高い寸

2

法精度は勿論のこと、使用条件に耐え得る十分な機械的強度および耐熱性が要求される。

【0005】しかしながら、光造形法により得られる光造形物は、硬化状態が十分ではなく、そのままでは、所期の機械的強度および耐熱性を有するものとならない。このため、赤外線ヒーターランプなどで光造形物を加熱することにより、当該光造形物の硬化反応を進行させて、その機械的特性などを向上させる後硬化処理が行われている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】加熱処理により光造形物を後硬化させる方法として、従来、光造形物を構成する硬化樹脂のガラス転移温度 ( $T_g$ ) よりも高い温度に設定されたオーブン内に当該光造形物を配置して加熱処理する方法が利用されている。しかしながら、このような加熱処理では、後硬化処理された光造形物に反り変形等が生じやすく、高い寸法精度を維持することが困難であるという問題がある。

【0007】本発明は以上のような事情に基いてなされたものである。本発明の目的は、高い寸法精度を維持しつつ、優れた機械的強度を光造形物に付与することができる光造形物の後処理方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の光造形物の後処理方法は、光硬化性樹脂に選択的に光照射して硬化樹脂層を形成する工程を繰り返すことにより得られる、複数の硬化樹脂層が一体的に積層されてなる光造形物の後処理方法であって、ガラス転移温度 ( $T_g$ ) が  $100^{\circ}\text{C}$  を超える硬化樹脂から構成される光造形物を  $50 \sim 100^{\circ}\text{C}$  の温度で  $1 \sim 24$  時間にわたり加熱処理する低温後硬化工程と、当該低温後硬化工程において加熱処理された前記光造形物を、 $(T_g) \sim (T_g + 100^{\circ}\text{C})$  の温度で  $1 \sim 24$  時間にわたり加熱処理する高温後硬化工程とを含むことを特徴とする。

【0009】上記の光造形物の後処理方法においては、前記高温後硬化工程において加熱処理された光造形物を  $2^{\circ}/\text{min}$  以下の冷却速度で冷却することが好ましい。

## 【0010】

【作用】本発明の光造形物の後処理方法によれば、ガラス転移温度 ( $T_g$ ) が  $100^{\circ}\text{C}$  を超える硬化樹脂から構成される光造形物に対して  $50 \sim 100^{\circ}\text{C}$  の低い温度で加熱処理を行った後に、当該光造形物を構成する硬化樹脂のガラス転移温度 ( $T_g$ ) 以上の高い温度による加熱処理を行うので、当該光造形物に反り変形等が生じることが抑制され、後処理された光造形物は、高い寸法精度を維持しつつ、優れた機械的強度を有するものとなる。

【0011】ここに、本発明の後処理方法により処理される光造形物に反り変形等を生じさせない理由としては明確ではないが、以下のように推定される。すなわち、

(3)

3

十分な硬化状態でない光造形物が、これを構成する硬化樹脂のガラス転移温度を超えるような高い温度雰囲気中に曝されると、硬化反応の進行とともに、残留歪み（内部応力）の除去等に伴う熱変形が生じる。これに対して、本発明の後処理方法では、低温後硬化工程において、光造形物に熱変形を生じさせない温度条件（50～100℃）で硬化反応を進行させる。これにより、当該光造形物は、ガラス転移温度を超えるような高い温度条件下に曝されても熱変形が生じない程度の硬化状態に達する。そして、高温後硬化工程においては、残留歪み（内部応力）の除去等に伴う熱変形を生じさせることなく、十分な機械的強度が発現されるまで、当該光造形物の硬化反応を更に進行させることができる。

## 【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明について詳細に説明する。本発明の後処理が行われる光造形物を得るために使用される光硬化性樹脂としては、ガラス転移温度（T<sub>g</sub>）が100℃を超えるものであれば特に制限されるものではなく、例えばエポキシ樹脂などのカチオン重合性光硬化性樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ビニルエーテル樹脂などのラジカル重合性光硬化性樹脂、およびこれらの混合物、さらにこれらの樹脂に無機および／または有機の粒子状あるいは纖維状の充填剤を混合した樹脂組成物が挙げられる。

【0013】このような光硬化性樹脂としては、例えばJSR株式会社製の「デソライトSCR」シリーズとして市販されている「SCR-802」、「SCR-801」、「SCR-935」、「SCR-950」などを好適に用いることができる。

【0014】本発明の方法により後処理される光造形物（以下、「一次硬化体」という。）としては、従来公知の光造形法により製造された光造形物を用いることができる。具体的には、液状の光硬化性樹脂に対して、可視光、紫外光、赤外光等の光を選択的に照射して硬化樹脂層を形成する工程を繰り返すことにより得られる、複数の硬化樹脂層が一体的に積層されてなるものである。

【0015】一次硬化体の硬化状態としては、最終的に得られる光造形物（以下、「二次硬化体」ともいう。）の有する引張強度に対して30～80%の引張強度となるまで硬化が進行した状態である。また、一次硬化体は、その形状安定性を損なわない程度において、その内部に、未硬化の光硬化性樹脂が残存していてよい。

【0016】<光造形物（一次硬化体）の後処理方法>本発明の後処理方法は、一次硬化体に対して加熱処理することにより、硬化反応を進行（後硬化）させて二次硬化体を得るものであるが、当該加熱処理が、低温後硬化工程と高温後硬化工程とを含むものであることに特徴を有する。以下、低温後硬化工程および高温後硬化工程について説明する。

## 【0017】(1) 低温後硬化工程：低温後硬化工程

(3)

4

は、50～100℃の温度で1～24時間にわたって加熱処理することにより、一次硬化体を後硬化させる工程である。

【0018】低温後硬化工程における加熱温度は、通常50～100℃とされ、好ましくは60～90℃とされる。また、低温後硬化工程における処理時間は、通常1～24時間とされ、好ましくは1～8時間とされる。

【0019】50～100℃の温度で1～24時間にわたり一次硬化体（光造形物）を加熱処理することにより、当該光造形物の硬化状態を、後述する高温後硬化工程の温度条件で処理しても熱変形が生じない程度の硬化状態に到達させることができる。しかも、50～100℃の温度での加熱処理によれば、硬化状態が十分でない光造形物であっても熱変形が生じることはない。従って、高温後硬化工程に先立って低温後硬化工程を実施することにより、最終的に得られる光造形物（二次硬化体）に反り変形を生じさせることはない。

【0020】低温後硬化工程における具体的な処理方法（熱履歴）としては、下記（1）～（4）に示す方法を例示することができる。

【0021】(1) 所定の温度（T<sub>1</sub> : 50℃ ≤ T<sub>1</sub> ≤ 100℃）に昇温されているオープン内に光造形物（一次硬化体）を入れて、1～24時間にわたり放置した後、当該光造形物をオープンから取り出す方法（後述する実施例1～7）。

【0022】(2) 室温のオープン内に光造形物（一次硬化体）を入れた後、当該オープン内を温度（T<sub>1</sub>）まで昇温させて、この温度（T<sub>1</sub>）で一定時間保持した後、当該オープン内を、高温後硬化工程における処理温度まで昇温させる方法（後述する実施例8）。

【0023】(3) 室温のオープン内に光造形物（一次硬化体）を入れた後、当該オープン内を温度（T<sub>1</sub>）まで昇温させて、この温度（T<sub>1</sub>）で一定時間保持した後、当該オープン内を室温まで降温させ、当該光造形物をオープンから取り出す方法。

【0024】(4) 室温のオープン内に光造形物（一次硬化体）を入れた後、当該オープン内の温度を継続して昇温させて、オープン内の温度が50～100℃の加熱温度域（以下、「低温加熱温度域」ともいう。）となる状態を所定時間（1～24時間）維持した後、当該光造形物をオープンから取り出す方法。

【0025】ここに、上記（2）の方法における『処理時間』には、温度（T<sub>1</sub>）で保持された時間と、オープン内の温度が50℃から（T<sub>1</sub>）に至るまでの昇温時間と、オープン内の温度が（T<sub>1</sub>）から100℃に至るまでの昇温時間とが含まれる。また、上記（3）の方法における『処理時間』には、温度（T<sub>1</sub>）で保持された時間と、オープン内の温度が50℃から（T<sub>1</sub>）に至るまでの昇温時間と、オープン内の温度が（T<sub>1</sub>）から50℃に至るまでの降温時間とが含まれる。

(4)

5

【0026】以上においては、低温加熱温度域における所定の温度( $T_1$ )に一定時間保持する必要はなく、オープン内の温度が当該低温加熱温度域内に所定時間(1~24時間)維持されれば、例えば上記(4)に示すように、低温加熱温度域内において継続して昇温させててもよいし、温度を変動させてもよい。また、一定時間保持する温度が2点以上あってもよい。すなわち、本発明の低温後硬化工程における処理時間とは、低温加熱温度域(50~100°C)内に維持された状態で光造形物(一次硬化体)の加熱処理が行われる時間をいう。

【0027】(2) 高温後硬化工程：高温後硬化工程は、低温後硬化工程において加熱処理された前記光造形物を、( $T_g$ )~( $T_g + 100$ °C)の温度で1~24時間にわたり加熱処理することにより、十分な機械的強度が発現されるまで、当該光造形物を後硬化させる工程である。

【0028】ここに、( $T_g$ )は、光造形物を構成する硬化樹脂のガラス転移温度である。このガラス転移温度( $T_g$ )は、DMA法(動的粘弾性試験)により測定されたものであり、具体的には、損失弾性率と動的貯蔵との比、すなわち損失正接のピーク値を示す温度である。このガラス転移温度( $T_g$ )の測定値は、後硬化処理の前後で変化しないものである。

【0029】高温後硬化工程における加熱温度は、通常( $T_g$ )~( $T_g + 100$ °C)とされ、好みしくは( $T_g$ )~( $T_g + 50$ °C)とされる。また、高温後硬化工程における処理時間は、通常1~24時間とされ、好みしくは1~8時間とされる。

【0030】低温後硬化工程において加熱処理された前記光造形物を、( $T_g$ )~( $T_g + 100$ °C)の温度で1~24時間にわたり加熱処理することにより、当該光造形物に十分な機械的強度が発現されるまで硬化反応が進行(後硬化)するとともに、当該光造形物中の残留歪み(内部応力)の除去が行われ、最終的に得られる光造形物(二次硬化体)に所期の機械的強度が得られる。

【0031】高温後硬化工程における具体的処理方法(熱履歴)としては、下記(1)~(3)に示す方法を例示することができる。

【0032】(1) 低温後硬化工程において加熱処理された前記光造形物を、所定の温度( $T_2$ :  $T_g \leq T_2 \leq T_g + 100$ °C)に昇温されているオープン内に入れて、1~24時間にわたり放置した後、当該光造形物をオープンから取り出す方法(後述する実施例1~7)。

【0033】(2) 低温後硬化工程で使用したオープン内に光造形物を入れたまま、当該オープン内の温度を( $T_1$ )から( $T_2$ )まで昇温させて、この温度( $T_2$ )で一定時間保持した後、当該オープン内を室温まで降温させ、当該光造形物をオープンから取り出す方法(後述する実施例8~9)。

【0034】(3) 低温後硬化工程で使用したオープン

6

内に光造形物を入れたまま、当該オープン内の温度を( $T_1$ )から( $T_2$ )まで昇温させて、この温度( $T_2$ )で一定時間保持した後、当該光造形物をオープンから取り出す方法(後述する参考例1)。

【0035】ここに、上記(2)の方法における『処理時間』には、温度( $T_2$ )で保持された時間と、オープン内の温度が( $T_g$ )から( $T_2$ )に至るまでの昇温時間と、オープン内の温度が( $T_2$ )から( $T_g$ )に至るまでの降温時間とが含まれる。また、上記(3)の方法における『処理時間』には、温度( $T_2$ )で保持された時間と、オープン内の温度が( $T_g$ )から( $T_2$ )に至るまでの昇温時間とが含まれる。

【0036】以上においては、低温後硬化工程と同様に、( $T_g$ )~( $T_g + 100$ °C)の加熱温度域(以下、「高温加熱温度域」ともいう。)における所定の温度( $T_2$ )に一定時間保持する必要はなく、オープン内の温度が当該高温加熱温度域内に所定時間(1~24時間)維持されればよい。すなわち、本発明の高温後硬化工程における処理時間とは、高温加熱温度域(( $T_g$ )~( $T_g + 100$ °C))内に維持された状態で光造形物の加熱処理が行われる時間をいう。

【0037】高温後硬化工程において加熱処理された光造形物は、2°C/m in以下の冷却速度で冷却されことが好ましい。冷却速度が2°C/m inを超える場合には、肉厚が大きい光造形物に対して後処理を行った場合に、最終的に得られる光造形物に熱変形が生じることがある。

【0038】以上のような後硬化処理により得られた光造形物は、高い寸法精度を維持しつつ、優れた機械的強度を有するものとなる。従って、例えばデザインモデル、医療用モデルさらには樹脂成形用型等のマスターモデルや、射出成形法、プレス成形法、真空成形法、圧空成形法、発泡成形法、パルプモールド成形法などの各種成形法に用いる樹脂製成形型として特に好適である。

【0039】

【実施例】以下、本発明を実施例で説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

<試験片の作製>光硬化性樹脂として、ガラス転移温度( $T_g$ )が133°Cであるエポキシ系光硬化性樹脂「SCR802」(JSR(株)製)を用い、照射用光源としてアルゴンイオンレーザー(波長351nm、365nm)を備えた光造形装置「JSC-2000」(ソニー(株)製)により、下記に示す条件に従って、長さ150mm、幅20mm、厚さ4mmの板状の試験片(一次硬化体)を作製した。ここに、光硬化性樹脂のガラス転移温度( $T_g$ )は、既述の方法に従って、動的粘弾性測定装置「レオバイブロン DDV-01FP」(オリエンテック(株)製)を用い、加熱温度を3°C/m in、周波数を1Hzとした測定条件において得られた値である。

(5)

7

【0040】(1) 液面におけるレーザー光の照射強度:  $120 \text{ mJ/cm}^2$ ,

(2) 走査速度:  $100 \text{ cm/sec}$ ,

(3) 形成する硬化樹脂層の厚み:  $0.1 \text{ mm}$

【0041】得られた試験片（一次硬化体）について、後述する方法により引張強度および曲げ強度の測定を行ったところ、引張強度は  $50 \text{ MPa}$ 、曲げ強度は  $65 \text{ MPa}$  であった。

【0042】<実施例1>得られた試験片（一次硬化体）を  $80^\circ\text{C}$  に維持されたオーブン内に入れ、この状態で 2 時間保持することにより加熱処理（低温後硬化工程）を行った後、直ちに、 $160^\circ\text{C}$  に維持された他のオーブン内に入れ替え、この状態で 2 時間保持することにより加熱処理（高温後硬化工程）を行い、これにより二次硬化体を得た。

【0043】<実施例2～実施例7>下記表1に従つて、低温後硬化工程における加熱温度および加熱時間、並びに高温後硬化工程における加熱温度および加熱時間の少なくとも 1 つの条件が実施例1と異なる処理条件で、試験片（一次硬化体）の後硬化処理を行うことにより二次硬化体を得た。

【0044】<比較例1>低温後硬化工程を行わずに、試験片（一次硬化体）を  $160^\circ\text{C}$  に維持されたオーブン内に入れ、この状態で 2 時間保持することにより加熱処理（高温後硬化工程）を行った。

【0045】<比較例2>試験片（一次硬化体）を  $80^\circ\text{C}$  に維持されたオーブン内に入れ、この状態で 2 時間保持することにより加熱処理（低温後硬化工程）を行い、高温後硬化工程を行わずに硬化体を得た。

【0046】<比較例3>試験片（一次硬化体）を  $120^\circ\text{C}$  に維持されたオーブン内に入れ、この状態で 2 時間保持することにより加熱処理を行い、直ちに、 $160^\circ\text{C}$  に維持された他のオーブン内に入れ替え、この状態で 2 時間保持することにより加熱処理（高温後硬化工程）を行った。

(5)

8

行つた。

【0047】<比較例4>試験片（一次硬化体）を  $80^\circ\text{C}$  に維持されたオーブン内に入れ、この状態で 2 時間保持することにより加熱処理（低温後硬化工程）を行い、直ちに、 $250^\circ\text{C}$  に維持された他のオーブン内に入れ替え、この状態で 2 時間保持することにより加熱処理を行つた。

【0048】<比較例5>試験片（一次硬化体）を  $120^\circ\text{C}$  に維持されたオーブン内に入れ、この状態で 8 時間保持することにより加熱処理を行つた。

【0049】<実施例8>試験片（一次硬化体）をオーブン内に配置し、図1に示すように、室温 ( $20^\circ\text{C}$ ) から  $1^\circ\text{C}/\text{min}$  の一定の昇温速度で  $80^\circ\text{C}$  ( $T_1$ ) まで加熱し、この状態で 2 時間保持した後、さらに、この状態から  $1^\circ\text{C}/\text{min}$  の一定の昇温速度で  $160^\circ\text{C}$  ( $T_2$ ) まで加熱し、この状態で 1 時間保持した。その後、 $1^\circ\text{C}/\text{min}$  の一定の冷却速度で冷却することにより、二次硬化体を得た。この実施例における処理時間はそれぞれ、低温後硬化工程が 170 分、高温後硬化工程が 94 分である。

【0050】<評価>以上のようにして得られた試験片の各々について、反り量、引張強度および曲げ強度（機械的強度）を測定した。この結果を表1に併せて示す。

(1) 反り量の測定は、試験片を平坦な面に配置し、配置面と試験片の底面との最大離間距離を測定することにより行った。

(2) 引張強度の測定は、「モデル 5567 試験システム」（インストロン社製）を用い、JIS-K7113に準じて行った。

(3) 曲げ強度の測定は、「モデル 5567 試験システム」（インストロン社製）を用い、JIS-K7203に準じて行った。

【0051】

【表1】

(6)

9

10

	低温後硬化処理		高温後硬化処理		試験片(一次硬化体)		試験片(二次硬化体)		
	温度(℃)	時間(h)	温度(℃)	時間(h)	引張強度(MPa)	曲げ強度(MPa)	引張強度(MPa)	曲げ強度(MPa)	反り量(mm)
実施例1	80	2	160	2	50	65	85	120	0.5以下
実施例2	80	2	140	2	50	65	85	110	0.5以下
実施例3	80	2	200	1	50	65	85	120	0.5以下
実施例4	80	2	160	6	50	65	85	120	0.5以下
実施例5	80	6	160	2	50	65	85	120	0.5以下
実施例6	100	2	160	2	50	65	85	120	0.5
実施例7	50	12	160	2	50	65	85	120	0.5以下
実施例8	50~100	2.8	133~160	1.6	50	65	85	120	0.5以下
比較例1	—		160(℃)×2(h)	—	50	65	85	120	2.5
比較例2	80(℃)×2(h)		—	—	50	65	70	90	0.5以下
比較例3	120(℃)×2(h)+160(℃)×2(h)		—	—	50	65	85	120	1.0
比較例4	80(℃)×2(h)+250(℃)×2(h)		—	—	50	65	50	70	0.5以下
比較例5	120(℃)×8(h)		—	—	50	65	75	100	1.0

【0052】表1から明らかなように、実施例1～実施例8（本発明の後処理方法）により後硬化処理された試験片（二次硬化体）は、反り変形が抑制され、優れた機械的強度を有するものであった。これに対して、比較例1～比較例5により後硬化処理された試験片は、いずれも、優れた機械的強度および高い寸法精度を共に有するものではなかった。

#### 【0053】<光造形物の作製>

##### (1)三次元立体像の設計工程

図2に示すような、三次元立体像をCADシステムを用いて設計し、この三次元立体像を水平方向に等分に切断したときに得られる各スライス形状データを作製した。この三次元立体像についての具体的な寸法a～fは、下記のとおりである。

$$a = 60 \text{ mm}, b = 120 \text{ mm}, c = 50 \text{ mm}, d = 20 \text{ mm}, e = 80 \text{ mm}, f = 30 \text{ mm}$$

##### (2)光造形工程

光硬化性樹脂として、エポキシ系光硬化性樹脂「SCR802」（JSR（株）製）を用い、照射用光源としてアルゴンイオンレーザー（波長351nm、365nm）を備えた光造形装置「JSC-2000」（ソニー（株）製）により光造形物（一次硬化体）を作製した。

【0055】<実施例9>上記のとおりにして得られた光造形物（一次硬化体）をオープン内に配置し、図1に示すように、室温（20℃）から1℃/minの一定の昇温速度で80℃（T<sub>1</sub>）まで加熱し、この状態で2時間保持した後、さらに、この状態から1℃/minの一定の昇温速度で160℃（T<sub>2</sub>）まで加熱し、この状態で

1時間保持し、その後、1℃/minの一定の冷却速度で徐冷することにより、二次硬化体を得た。

【0056】<参考例1>160℃の加熱温度（T<sub>2</sub>）で1時間保持した後、直ちにオープン内から光造形物を取り出して5℃/minの冷却速度で冷却したこと以外は実施例9と同様にして、二次硬化体を得た。

【0057】以上のようにして得られた2つの光造形物（二次硬化体）の各々について、図2（ハ）に示すP-P間の離間距離（b'）を測定し、設計値（b）に対する寸法誤差（b' - b）を算出した。実施例9により得られた光造形物の寸法誤差は0.3mm以下であり、高い寸法精度が維持されることが確認された。これに対して、参考例1により得られた光造形物の寸法誤差は0.5mmであり、実施例9により得られた光造形物よりは若干、寸法誤差は大きいものであったが、実用上は何ら問題のないものであった。

#### 【0058】

【発明の効果】本発明の光造形物の後処理方法によれば、光造形法により得られた光造形物の高い寸法精度を維持しつつ、優れた機械的強度を付与することができる。

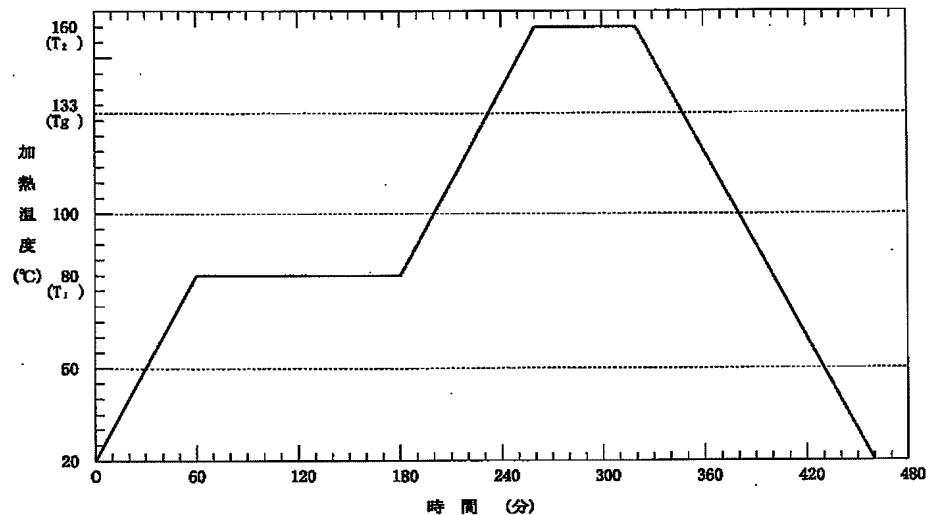
#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例8および実施例9の後硬化処理におけるオープン内の熱履歴を示す説明図である。

【図2】実施例9および参考例1において設計した三次元立体像を示す説明図であり、（イ）は三次元立体像の斜視図、（ロ）は三次元立体像の正面図、（ハ）は三次元立体像の平面図である。

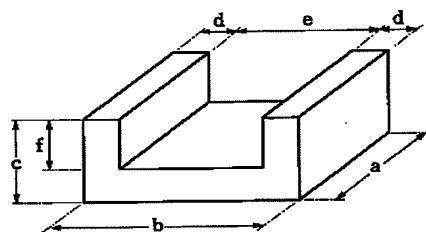
(7)

【図1】

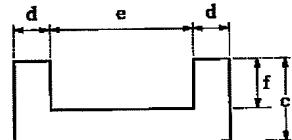


【図2】

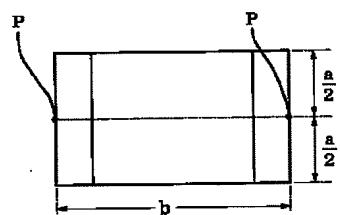
(イ)



(ロ)



(ハ)



(8)

フロントページの続き

F ターム (参考) 4F213 AA44 AP05 AP10 AR06 AR11  
WA25 WA54 WA86 WA87 WA97  
WB01 WL02 WL12 WL43 WL55  
WL85 WW05 WW15